

Des Annotations Sémantiques pour Apprendre : l'Expérimentation QBLS

Sylvain Dehors¹, Catherine Faron-Zucker², Jean Paul Stromboni², Alain Giboin¹

¹ACACIA, INRIA

2004 route des Lucioles, BP 93, 06902 Sophia Antipolis cedex
{sdehors, giboin}@sophia.inria.fr

²MAINLINE, I3S, UNSA

930 route des Colles, bât ESSI, BP 145, 06930 Sophia Antipolis cedex
{faron, strombon}@essi.fr

Résumé : Mettre un cours à la disposition des apprenants par le biais d'un EIAH impose de la part de l'auteur un effort de formalisation, à la fois des ressources disponibles et de la stratégie pédagogique envisagée. Dans ce contexte nous étudions l'apport de techniques inspirées du web sémantique et leurs implications tant pour l'enseignant que pour l'apprenant. Partant d'un exemple de « mise en ligne » d'un cours, motivé par une volonté pédagogique particulière, nous démontrons la faisabilité de cette approche ainsi que ses avantages et inconvénients. Cette analyse est étayée par une expérience d'utilisation réelle dont nous présentons ici les premiers résultats

Mots-clés : Web Sémantique, e-learning, EIAH, ontologie, annotation sémantique

1 Introduction

Dans le contexte actuel d'introduction de l'informatique dans les environnements d'apprentissage (cartables électronique, supports numériques, etc..), nous avons étudié un scénario d'évolution d'un enseignement classique vers un enseignement organisé autour d'un outil d'apprentissage informatique: le système QBLS, développé à l'occasion de cette étude.

De manière générale ce travail s'inscrit dans la perspective actuelle d'utilisation de plus en plus large d'outils informatiques dédiés à l'apprentissage au sein du campus. Proposer ainsi de nouveaux supports pédagogiques, comme les cours en ligne ou des outils de simulation, bouleverse non seulement les pratiques et les outils classiques mais impose d'envisager une nouvelle démarche pédagogique, sur laquelle des réflexions ont déjà été menées par l'un d'entre nous (Stromboni, 2002).

Le but poursuivi par ce travail est alors d'expérimenter, dans ce contexte, les techniques de gestion des connaissances envisagées par le web sémantique (Dieng et al., 2002). Nous avons cherché à évaluer l'apport de ces techniques, notamment l'introduction d'annotations sémantiques (Azouaou *et al.*, 2003) pour décrire des

ressources pédagogiques. Cette introduction est mise en parallèle avec la poursuite d'un objectif d'apprentissage prédéterminé.

Adoptant une démarche résolument pragmatique, le travail réalisé jette un pont entre les aspects de modélisation, de sémantique, et la pratique pédagogique telle qu'elle se présente aujourd'hui dans le domaine de l'enseignement supérieur. Dans le scénario que nous avons adopté, le support de cours initial constitue le point de départ incontournable. Les annotations sémantiques ajoutées sur ce cours, permettent une mise en ligne automatisée et sont exploitées pour favoriser la compréhension et l'utilisation du contenu pédagogique. L'application développée s'intègre dans le cadre d'un enseignement où l'outil informatique est utilisé comme vecteur principal d'accès à l'information

Dans la section suivante nous positionnons cette contribution par rapport aux travaux existants. Une description du dispositif QBLS est ensuite présentée détaillant les aspects de modélisation, d'architecture et d'interface. La quatrième partie s'attache à décrire les expériences que nous avons menées avec cet outil ainsi que les premiers résultats obtenus.

2 Etat de l'art

Dans les différents travaux concernant l'accès à un « cours en ligne » on distingue ceux où le contenu est simplement présenté, généralement sous la forme d'un hypertexte ; ceux où le contenu est adapté et personnalisé ; et ceux où le support est créé sur mesure à partir d'éléments existants. Concernant cette distinction, on notera que (Brusilovsky & Vassileva, 2003) préfèrent séparer les systèmes selon le moment où se déroule l'opération d'adaptation, soit avant l'entrée de l'utilisateur, soit pendant son parcours, soit les deux. Ces critères se recoupent fortement. Les exemples cités ci-dessous n'ont qu'une valeur illustrative, il en existe bien d'autres.

Les systèmes de « présentation » insistent sur la navigation, la visualisation et l'organisation des informations pour faciliter leur compréhension par le plus grand nombre. Le système QBLS se place dans cette perspective.

Les travaux visant la personnalisation du contenu relèvent du domaine des hypermédias adaptatifs. L'utilisateur est guidé dans sa navigation hypertextuelle par des techniques adaptatives (De Bra *et al.*, 2003) (Murray, 2003). La plupart de ces techniques font appel à des modèles du domaine abordé par le cours couplés à des modèles de l'utilisateur exprimant l'état des connaissances par rapport au domaine (overlay model). L'adaptation consiste généralement à guider la navigation dans l'ensemble des ressources.

Lors d'une personnalisation du support préalablement à son utilisation le système construit un document de cours sur mesure à partir d'un ensemble de ressources annotées. Par exemple (Crampes & Ranwez, 2000) propose de construire le cours à l'aide d'algorithmes organisant les différentes ressources annotées avec des ontologies. On retrouve la même démarche dans (Rigaux *et al.*, 2003) où les ressources sont formées par des paragraphes au format XML DocBook et sont indexées par les termes de la classification ACM, et dans (Dahn *et al.*, 2001) où les ressources sont des

paragrapes issus de livres préalablement "découpés" et annotés. Dans ce cas le cours résultant est ciblé et logiquement ordonné, l'apprenant y dispose d'une liberté de navigation réduite.

Un autre aspect de l'accès à l'information pédagogique est celui abordé par les travaux sur les LCMS (Learning Content Management Systems) où l'intérêt porte plus sur la recherche et l'accès aux données pédagogiques que sur leur présentation. Le terme consacré de LOR (Learning Object Repository) est d'ailleurs généralement utilisé pour désigner les dispositifs contenant l'ensemble des ressources accessibles. Les éléments d'information utilisés pour la recherche sont des méta-données souvent standardisées (Duval *et al.*, 2001). L'utilisation d'ontologies pour indexer les ressources (Desmoulins & Grandbastien, 2000) permet d'envisager des recherches plus riches. Les ressources sont alors organisées en "mémoire de formation" (Abel *et al.*, 2004) s'inspirant de l'idée du Web Sémantique (Berners-Lee *et al.*, 2001) (Stoanovic *et al.*, 2001) appliquée à un ensemble restreint de ressources pédagogiques.

Le problème de la création des ressources est abordé selon divers angles, soit par le biais d'outils auteur (Brusilovsky, 2003), soit par la réutilisation de ressources existantes (Rigaux *et al.*, 2003) (Dahn *et al.*, 2001). Ce dernier point est souvent cité comme un avantage du fait de l'existence d'un grand nombre de ressources pédagogiques accessibles aujourd'hui sur le web. La création des annotations va de pair avec le problème de création des ressources, et les mêmes solutions sont proposées : soit l'annotation est manuelle, soit elle est générée automatiquement à partir des documents existants. Les outils d'extraction d'annotation reposent généralement sur le traitement automatique de la langue et la structure des documents.

Le système QBLS, décrit dans la partie suivante, s'inspire des approches précédemment citées. Il s'agit d'un système de visualisation de ressources sous la forme d'un hypertexte se concentrant sur l'aspect de présentation de l'information. Par contre les techniques mises en œuvre pour cela sont plus généralement destinées à la recherche de documents dans les LCMS, notamment l'approche « web sémantique de formation » (voir section suivante). Pour la génération des ressources nous avons utilisé un document préexistant que nous avons mis en forme puis traité automatiquement afin d'en extraire le contenu et les annotations associées.

3 QBLS

Pour l'étudiant, QBLS est un outil d'aide à la résolution de questions de Travaux Dirigés (TD) à partir d'éléments de cours annotés sémantiquement. Pour l'enseignant, QBLS est vu non seulement comme un outil permettant de diffuser son support électronique sous une forme facilitant la navigation, mais également comme un moyen d'inciter les étudiants à aller chercher activement les connaissances.

3.1 Modélisation

Un des principes pédagogiques à la base de la conception de QBLS (pour Question Based Learning System) est d'aborder l'apprentissage par une stratégie pédagogique de questionnement. L'idée est d'utiliser le cycle ou rythme ternaire décrit dans (Beau, 2005) qui organise l'assimilation en trois étapes. La première, dite *heuristique*, cherche à mettre en évidence le besoin des connaissances du cours. Survient alors la seconde étape, ou *démonstration*, qui donne accès aux connaissances recherchées. Enfin la troisième étape, ou *application*, consiste en une mise en œuvre des connaissances par l'apprenant.

Dans cette optique, QBLS propose d'entrée un ensemble de questions reliées aux connaissances clés du cours, et l'objectif de l'apprenant est de trouver la réponse à ces questions, c'est l'étape heuristique. Un cours est fourni, avec des accès suggérés aux connaissances utiles pour répondre aux questions de QBLS, ce qui matérialise l'étape de démonstration. La résolution des questions posées à l'apprenant constitue l'application, on compte d'ailleurs tirer un bénéfice pédagogique de l'exploitation des erreurs de l'apprenant.

Il faut souligner que toutes ces particularités de QBLS, qu'il s'agisse de questionnement, de recherche d'information, de résolution, et d'analyse d'erreur contribuent à rendre l'élève apprenant actif et acteur pour faciliter l'assimilation.

Pour assurer l'étape de démonstration, on ne se contente pas d'un document de cours classique parsemé de points d'entrée matérialisés par exemple par des ancres html. Le document de cours a été analysé en détail et structuré en fiches d'informations (notées fiches dans la suite) afin de faire ressortir les savoirs clés. Ils sont organisés en une hiérarchie que sont les objectifs explicites du cours (et qui seront nommés Thèmes), et les concepts qui concourent à les expliquer (les Notions). Les références à des Notions ou des Thèmes dans le contenu des fiches forme alors un réseau de relations entre les Fiches et les savoirs.

La navigation dans le contenu des fiches permet donc soit d'approfondir le sujet en suivant les liens à l'intérieur du contenu soit de suivre l'ordre des thèmes qui définit une progression pédagogique.

Pour terminer, il faut distinguer les fiches selon la nature de l'information qu'elles contiennent : général, particulier, théorique, appliqué, quand elles contribuent à décrire un thème ou une notion. Nous avons donc défini un ensemble de termes pour exprimer cette information : « Définition », « Exemple », « Formalisation », « Précision ».

Cette analyse préliminaire du contenu, à la fois structurelle et qualitative, confère au document de cours une valeur ajoutée à la fois pour l'auteur et pour l'apprenant, puisqu'elle permet d'explicitier et de justifier la présence et l'importance des informations placées dans le cours.

En s'inspirant de l'idée de Web Sémantique, le cours est alors vu comme un ensemble de ressources (les fiches) interconnectées. L'activité de lecture du cours prend la forme d'une navigation au sein de cet ensemble. Chaque ressource peut être annotée sémantiquement par rapport à une ou plusieurs ontologies, et cette information sémantique est utilisée pour faciliter la compréhension et les choix de navigation dans l'ensemble des ressources.

Deux familles d'ontologies interviennent classiquement pour indexer les ressources pédagogiques (Mizogushi *et al.*, 1997). Le premier type regroupe les ontologies du domaine, elles fournissent le vocabulaire conceptuel permettant de décrire le contenu de chaque ressource vis-à-vis du domaine étudié. Le second type concerne les ontologies dites « pédagogiques », cela regroupe les modèles utilisés pour décrire l'approche pédagogique mise en œuvre, elles décrivent notamment le rôle pédagogique que peut occuper une ressource. Par exemple on distingue classiquement les exemples, les preuves, les explications, etc. (Ullrich, 2004)

A l'issue du dialogue avec l'enseignant auteur du document de cours initial nous avons identifié les différents rôles joués par les ressources dans la démarche pédagogique. Ceci permet de définir l'ensemble des concepts nécessaires pour exprimer le rôle pédagogique joué par une « Fiche ». La granularité étant faible il ne nous a pas semblé possible qu'une fiche puisse jouer plusieurs de ces rôles à la fois, par contre il est clairement apparu qu'une fiche pouvait jouer son rôle pour plusieurs notions différentes, en particulier les exemples de courbes illustrent plusieurs notions à la fois (ex : « signal bloqué » et « bloqueur »)

Comme indiqué précédemment on identifie également les types de savoirs clés à partir de l'observation du document initial: le Cours (le sujet du cours en lui-même), les Thèmes (problématiques clés), les Questions (exercices d'application) et les Notions (concepts classiques du domaine). Ils sont regroupés sous le terme « Ressource Pédagogique Abstraite ». L'ontologie résultant de cette modélisation est présentée Fig. 2, elle ne concerne que les aspects pédagogiques.

L'incontournable ontologie du domaine se limite ici à un thésaurus. Les concepts du domaine sont des instances des classes modélisant les types de savoirs clés du cours. L'ontologie unique de QBLS traite donc seulement de la pédagogie et se place à un niveau « meta » par rapport au domaine.

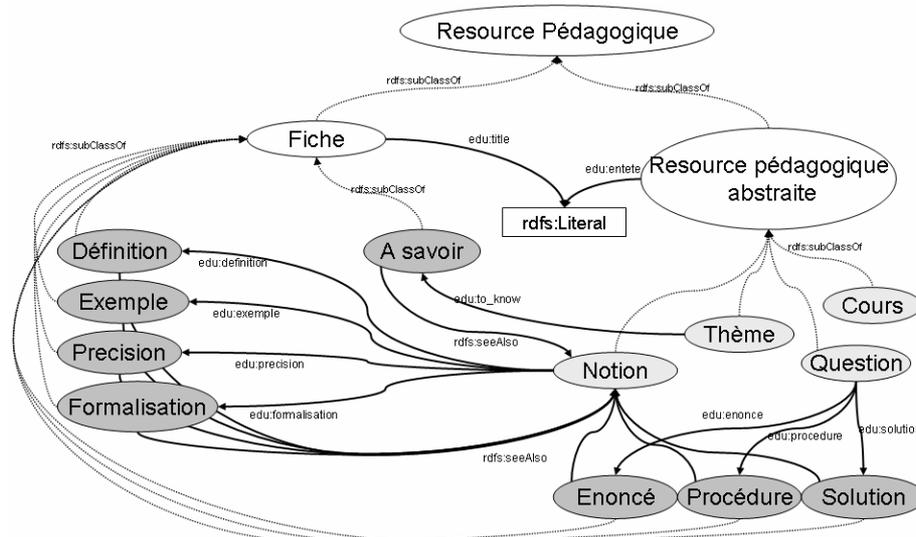


Fig. 1- L'ontologie de QBLS

On remarque que la majorité des concepts de cette ontologie sont présents dans l'ontologie proposée par (Ullrich, 2004) et que le modèle global du cours auquel nous avons abouti est proche de celui proposé par (Hewy, 2003). Cependant même avec ces similarités, nous défendons ici l'idée qu'utiliser un modèle prédéfini par ailleurs pour annoter le document existant aurait nécessité un effort très rebutant pour le professeur/annotateur.

Une fois l'ontologie établie, les annotations sémantiques des différentes parties du document de cours initial sont déduites de la mise en forme. Ces annotations expriment le rôle pédagogique de chaque paragraphe (ex: telle partie est une définition, telle autre est un exemple), et fixent la représentation du domaine enseigné en désignant l'ensemble des notions et des thèmes clés en accord avec l'ontologie décrite ci-dessus. La technique employée pour extraire les annotations est décrite dans (Dehors *et al.*, 2005). La **Fig. 2** montre un exemple d'annotation RDF. Celle-ci décrit la notion de « signal discret » et indique que deux fiches (un exemple et une définition) sont reliées à cette notion.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:edu="http://www.inria.fr/acacia/exp_weblearn#">
<edu:Notion rdf:about="http://www.inria.fr/acacia/exp_weblearn#d0e971">
  <edu:definition rdf:resource="#d0e980"/>
  <edu:exemple rdf:resource="#d0e992"/>
  <edu:entete>signal discret</edu:entete>
  <edu:entete>discret</edu:entete>
</edu:Notion>
<edu:Definition rdf:about="http://www.inria.fr/acacia/exp_weblearn#d0e980">
  <edu:titre>Définir : signal discret, ou signal à temps discret.</edu:titre>
  <edu:contenu rdf:resource="/fiches/d0e980.xhtml"/>
  <rdfs:seeAlso rdf:resource="#d0e940"/>
  <rdfs:seeAlso rdf:resource="#d0e950"/>
</edu:Definition>
<edu:Exemple rdf:about="http://www.inria.fr/acacia/exp_weblearn#d0e992">
  <edu:titre>E: Illustration de signal discret.</edu:titre>
  <edu:contenu rdf:resource="/fiches/d0e992.xhtml"/>
</edu:Exemple>
</rdf:RDF>
```

Fig. 2 - Annotation de la notion de signal discret

3.2 Architecture

Les ressources issues du processus d'extraction à partir du document initial sont stockées avec leurs annotations respectives dans un «entrepôt de connaissances pédagogiques». Le système QBLS exploite alors les annotations sémantiques formalisées dans le langage RDF à l'aide de requêtes au moteur Corese (Corby *et al.*, 2004). Cet ensemble forme ce que nous appelons un "web sémantique de formation"

dont l'architecture est illustrée sur la **Fig. 3**. Cette architecture est basée sur l'utilisation des logiciels à notre disposition à savoir un serveur tomcat, et le moteur de recherche sémantique Corese. Ainsi l'effort de développement a uniquement porté sur la partie « engin de visualisation », et en combinant les technologies JSP et XSL pour traiter les résultats RDF du moteur de recherche le coût de développement est minimal.

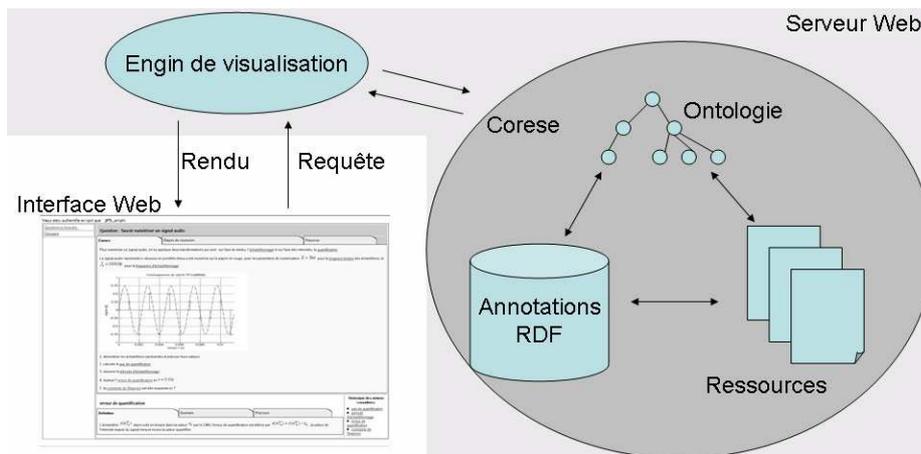


Fig. 3 – L'architecture du système QBLS

Mais en plus de simplifier largement la tâche du développeur l'utilisation de Corese permet d'exploiter la sémantique des relations reliant notions et fiches. Par une requête unique on peut en effet retourner la référence de toutes les fiches qui sont reliées à une notion ou un thème particulier et obtenir uniquement le contenu de la fiche « prioritaire » (celle qui doit s'afficher par défaut). Ainsi l'engin de visualisation n'effectue pas ce choix il ne fait que traduire le résultat du moteur. Pour déterminer la fiche « prioritaire » nous avons introduit une règle dans le moteur indiquant que les liens de définitions, énoncés, et « à savoir » étaient de type «edu:lienPrioritaire». Ainsi la requête demande de renvoyer les fiches reliées par un lien prioritaire avec leur contenu et si il n'y en a pas alors la première non prioritaire est renvoyée.

On notera qu'une fiche d'Exemple peut servir à illustrer plusieurs concepts du domaine, il suffit qu'elle soit reliée par une relation d'exemple à ces concepts. Grâce à l'utilisation d'un moteur de recherche sémantique la question de l'aspect prioritaire de cette fiche, qui peut varier d'un cas à l'autre, est résolue par le moteur qui prend en compte cette information dans sa réponse.

3.3 Interface

Un travail important fut réalisé au niveau de l'interface pour qu'elle rende compte de l'organisation sémantique des ressources pédagogiques (et à travers celle-ci l'approche pédagogique de l'enseignant auteur). Nous avons réalisé un travail itératif en collaboration avec un ergonomiste pour limiter les problèmes liés directement à

l'interface. L'interface a donc fait l'objet de tests d'utilisabilité (par la méthode d'évaluation heuristique). Ces tests ont permis de régler les problèmes d'usage les plus criants. Ensuite un pré-test fut conduit auprès d'un échantillon d'étudiants de deuxième année afin de valider la faisabilité de l'expérience grandeur nature envisagée et de prévoir plus finement son déroulement. On présente ci-dessous l'interface qui a résulté de ce travail de co-conception informatique et ergonomique.

Vous êtes authentifié en tant que : JPS_amphi

Questions à résoudre :
Glossaire

Question : Savoir numériser un signal audio

Énoncé Étapes de résolution Réponse

Pour numériser un signal audio, on lui applique deux transformations qui sont : sur l'axe du temps, l'échantillonnage et sur l'axe des intensités, la quantification.

Le signal audio représenté ci-dessous en pointillés bleus a été numérisé sur le papier en rouge, avec les paramètres de numérisation $B = 30\text{bit}$ pour la longueur binaire des échantillons, et $f_s = 1000\text{Hz}$ pour la fréquence d'échantillonnage.

1. dénombrer les échantillons représentés et préciser leurs valeurs
2. calculer le pas de quantification
3. mesurer la période d'échantillonnage
4. évaluer l'erreur de quantification en $t = 0.01\text{s}$
5. la contrainte de Shannon est-elle respectée ici ?

erreur de quantification

Définition	Exemple	Précision
L'échantillon $s(nT_s)$ étant codé en binaire dans la valeur \hat{s}_n par le CAN, l'erreur de quantification est définie par $e(nT_s) = s(nT_s) - \hat{s}_n$, la valeur de l'intensité exacte du signal mesuré moins la valeur quantifiée.		

Historique des notions consultées:

- pas de quantification
- période d'échantillonnage
- erreur de quantification
- contrainte de Shannon

Fig. 4 – L'interface de QBLS

Dans cette interface chaque « ressource abstraite » peut être décrite sous plusieurs aspects (les fiches) présentés dans un ensemble d'onglets répartis horizontalement. Chaque onglet représente graphiquement une relation sémantique entre un concept abstrait et une fiche (définition, exemple, précision...). Le rôle de la fiche est exprimé par l'intitulé de l'onglet. La partie supérieure de la fenêtre présente le cours, les thèmes ou les questions, la partie inférieure permet de visualiser les notions. Lorsqu'une notion est citée dans le contenu d'une fiche, un lien hypertexte permet de dévoiler la notion correspondante qui remplace alors dans la zone inférieure la précédente. Ces liens hypertextes sont la représentation graphique des relations sémantiques entre une fiche et une notion citée par cette fiche.

Ainsi la Fig. 4 montre, dans la partie supérieure de la fenêtre, une question liée à trois fiches symbolisées par les trois onglets : l'énoncé (la fiche visible), la étapes de résolution et la réponse (les deux onglets « en retrait »). Lorsque l'utilisateur clique sur un lien hypertexte dans le contenu de l'énoncé la partie inférieure affiche la notion sélectionnée ici l' « erreur de quantification » avec ses trois fiches : définition, exemple, précision. La fiche ouverte à ce moment est la définition comme définit dans les règles « par défaut ». Au moment de la capture d'écran l'utilisateur avait déjà

visualisé d'autres notions qui sont rappelées dans la zone « historique des notions consultées » en bas à droite. On laisse à tout instant la possibilité d'accéder à la liste des questions, en haut à gauche de l'écran. Un glossaire complet donnant toutes les notions peut également être déplié ou replié à tout instant.

4 Expérimentation

4.1 Dispositif expérimental

QBLS a servi de support pour une séance de Travaux Dirigés et un cours magistral. Cet enseignement s'inscrit dans le cursus de formation de la première année de l'Ecole Supérieure en Sciences Informatiques (ESSI) de l'université de Nice Sophia Antipolis (UNSA).

En termes d'évaluation, nous avons orienté notre expérimentation selon les trois dimensions : utilité, utilisabilité, acceptabilité proposées par (Tricot *et al.*, 2003) en employant les outils empiriques préconisés. Nous avons tout d'abord cherché à évaluer la faisabilité d'un enseignement assisté par QBLS. Au delà d'une évaluation du système en lui-même nous souhaitons qualifier l'apport de l'annotation sémantique dans cette démarche globale d'enseignement assisté par ordinateur. Ceci aussi bien du point de vue du professeur, auteur de l'annotation, que des élèves utilisateurs du système.

Lors du cours magistral, l'interface était aménagée pour permettre une projection sur grand écran. Elle sert donc de support à la manière de transparents Power-Point. L'enseignant, l'un des chercheurs de notre groupe, fut observé pendant son cours par deux autres d'entre nous.

Lors de la séance de Travaux Dirigés, les étudiants étaient face au système et devaient résoudre une liste de questions proposées par le système en utilisant les possibilités de navigation dans le cours. Les étudiants devaient écrire leurs réponses sur des formulaires de réponse papier. Nous avons tenté de mesurer l'apport de l'annotation sémantique de la façon suivante : 1/ au travers d'un questionnaire rempli par les étudiants à la fin du test, 2/ au travers de l'observation durant la séance, 3/ par l'analyse des logs d'interaction avec le système.

4.2 Faisabilité d'un enseignement assisté par QBLS

4.2.1 Le point de vue de l'apprenant

Dans l'ensemble, les étudiants ont utilisé le système comme prévu et n'ont pas semblé désorientés. L'utilisation de QBLS par l'enseignant pour le cours magistral a permis aux étudiants de se familiariser avec le fonctionnement de l'interface. Certaines utilisations atypiques ont été observées, nous les détaillons dans la suite.

Un temps d'adaptation à cette nouvelle forme d'enseignement fut nécessaire pour certains étudiants. Il est arrivé que le formulaire de réponse papier introduise des incompréhensions. Certains étudiants ont notamment cherché les questions sur le formulaire papier et ont interprété le titre des thèmes comme des questions ouvertes; d'autres n'ont pas immédiatement trouvé les questions sur QBLs.

Les étudiants n'ont dans l'ensemble pas été curieux d'explorer QBLs davantage que nécessaire pour répondre aux questions posées. Les étudiants entrent dans une démarche de recherche d'information suscitée par la question, trouvent cette information en naviguant et l'appliquent immédiatement. Le système n'est pas perçu comme permettant d'approfondir ses connaissances. Ceci est apparu très clairement à la fois dans les réponses au questionnaire de satisfaction et quand les élèves ont été confrontés à une erreur dans les liens. L'erreur fut introduite fortuitement par le professeur et le parcours des notions suggérées dans l'énoncé ne permettait plus de répondre à la question. Un élève a alors interpellé le professeur non pour lui demander où poursuivre sa recherche mais pour lui signaler que c'était une erreur, réaction qui fût relayée par d'autres étudiants au même moment. Les étudiants ont donc perçu le système comme permettant de trouver directement l'information et non comme un support plus riche, ce qui explique que les parties du cours non couvertes par les questions n'aient pas été visitées.

Il semble que la lecture des fiches associées aux notions explorées fût effective et complète. Les élèves en difficulté n'essayaient pas de comprendre en lisant plus de fiches mais faisaient directement appel à l'enseignant. Comme le note (Paquette *et al.*, 2003) dans un contexte de téléapprentissage, la présence du tuteur est primordiale, cette expérience montre que ceci est aussi valable en présentiel même lors d'une tâche pourtant prévue pour être menée seul..

Cernant les comportements marginaux on peut éventuellement les interpréter par une réticence vis-à-vis de ce nouveau mode d'apprentissage. En effet le principal comportement marginal fut observé chez un étudiant qui, pour répondre à chaque question, explorait méthodiquement le cours en ayant recours à une utilisation intensive du glossaire ce qui reproduit le comportement classique face à un document papier.

Le dernier point sur l'observation de l'expérience de TD aborde le problème posé par la démarche de questionnement. L'efficacité en terme de motivation pour se déplacer dans le cours semble tout à fait démontrée car les étudiants ont bien parcouru les fiches contenant les réponses. En revanche la phase qui a posé problème est celle de la mise en ligne des solutions. En effet il faut à un moment fournir la solution aux questions, ne serait-ce que pour que les étudiants puissent vérifier la validité de leur démarche.

Il apparaît que la mise en ligne des solutions nécessite tout de même la présence de l'enseignant. En effet les étudiants ont exprimé le besoin de confirmation par l'enseignant de leur bonne compréhension et de leur réussite à répondre aux questions. De plus les étudiants en difficulté sur une question n'attendent pas la mise en ligne des réponses et font appel à l'enseignant pour des explications personnalisées. Le système ne présente pourtant pas de problème d'utilité à ce niveau

puisque'il remplit bien la tâche de fournir les réponses, mais il est clair que cela ne suffit pas.

Il manque un signalement aux étudiants des moments de mise en ligne des solutions (Les étudiants demandent où ils peuvent trouver les solutions).

Pour pouvoir évaluer QBLS le formulaire de réponse comportait une consigne leur demandant d'analyser leurs erreurs éventuelles. La vérification par les étudiants de leurs réponses et l'analyse de leurs erreurs sont, de prime abord, déroutantes pour les étudiants. Ils ont tendance à corriger leurs réponses plutôt qu'à expliquer leurs erreurs.

Au-delà de l'expérimentation de QBLS, cette auto-analyse pourrait faire partie intégrante de la stratégie pédagogique de QBLS. Des formulaires de réponses en ligne pourraient aider à cette activité (Dans le second et surtout le troisième groupe, l'enseignant a insisté sur cet aspect et a demandé explicitement d'indiquer toujours quelque chose dans cette partie d'analyse).

On remarquera que les étudiants ont par ailleurs peu utilisé le système pour apprendre par eux-mêmes, même si ce n'était pas le but de QBLS. La stratégie basée sur les questions montre donc ses limites en terme de motivation des étudiants, par contre elle semble remplir tout à fait son rôle lorsque la question cible une connaissance précise.

4.2.2 Le point de vue de l'enseignant

L'expérience montre que la présence d'annotations sémantiques impose une certaine rationalisation à la fois du document de cours et dans la démarche de l'auteur. Ceci sans toutefois l'entraver au point de générer chez lui un refus de l'outil. Grâce à la méthode d'annotation que nous proposons (Dehors *et al.*, 2005) l'effort consenti ne semble pas constituer un obstacle majeur. L'expérience nous amène ensuite à évaluer la pertinence de ces annotations collectées de manière systématique. Grâce à l'utilisation du système en amphî, nous savons que l'enseignant a du effectuer les tâches suivantes, pour lesquelles les annotations ne l'aidait pas :

- prévoir un parcours prévisionnel des thèmes et des notions visitées durant le cours, selon une progression chronologique et logique, préparée sur un exemplaire du polycopié distribué (polycopié reprenant uniquement les thèmes du cours, et devant servir aux élèves comme support de notes).
- vérifier que les liens hypertextes implémentés permettent de décrire le parcours prévu, en ajouter ou les corriger sinon.
- renforcer la cohérence de l'exposé et éviter la lecture du texte des fiches d'information, en plaçant des figures pour schématiser les connaissances clés, au moins pour introduire les objectifs clés de la leçon, ce qui a été fait dans quatre thèmes sur six.

Pour faciliter la navigation entre les notions, et la structuration des informations, il apparaît que les liens hypertextes vers les notions liées devraient être placés ou répétés dans une zone extérieure au texte, pour faciliter la navigation en particulier lors du cours.

S'il semble tout à fait souhaitable d'automatiser le plus possible l'acquisition et l'organisation des ressources pédagogiques dans QBLS, l'éditeur d'annotation de QBLS s'est révélé nécessaire pour la mise en ligne des solutions aux questions par l'enseignant au cours du TD ainsi que pour apporter des mises à jour au contenu des ressources pédagogiques à l'issue d'une séance.

Les questions posées par les étudiants révèlent des précisions utiles à ajouter et collaborent ainsi à la conception de QBLS (par ex. signalement de la mauvaise visibilité d'un graphique, demande de définition d'un terme qui sera remplacé par un autre).

4.3 La valeur ajoutée du web sémantique

4.3.1 Apport de la démarche ontologique

Les apports de l'ontologie constatés dans cette expérience peuvent être abordés à la lumière de l'analyse de (Psyché *et al.*, 2003). Ainsi la définition d'une ontologie a permis le/la:

- repérage des objets pédagogiques : le contenu sémantique de chaque ressource ou paragraphe a été décrit par rapport à l'ontologie.
- Acquisition des connaissances : il est clair que la définition de l'ontologie a permis de fiabiliser et d'automatiser le processus d'extraction des annotations à partir du document existant.
- Fiabilité : grâce à la formalisation introduite par l'ontologie, nous avons pu déterminer les notions du cours qui n'étaient jamais introduites ou référencées par les autres ressources avec une requête unique au moteur de recherche sémantique Corese. Cette vérification permet ensuite de garantir la cohérence de la navigation, en excluant toute possibilité de ne pas pouvoir atteindre une fiche.
- Maintenance des objets pédagogiques : L'ontologie a autorisé la mise en œuvre d'un outil d'annotation générique pour assurer la maintenance.
- Spécification d'une conceptualisation : la vision du domaine enseigné apparaît dans l'ensemble des instances des notions et des thèmes même si nous n'avons pas développé d'ontologie spécifique du domaine. La vision pédagogique quant à elle est clairement exprimée par l'ontologie.

L'aspect réutilisation et le partage des objets pédagogiques invoqués par (Psyché *et al.*, 2003) et caractéristique de l'approche Web Sémantique doit se comprendre dans le cadre restreint de notre « web sémantique de formation », et se limite aux personnes participant au consensus ontologique, c'est-à-dire uniquement les enseignants chercheurs associés à cette expérience. On peut donc considérer que cet aspect est également présent à très faible échelle. L'utilisation du standard RDF permet d'envisager dans le futur d'étendre le web sémantique de formation à d'autres intervenants ou systèmes.

4.3.2 Apport de l'annotation sémantique des ressources pédagogiques

Un des principaux problèmes rencontrés et qui constitue un des points majeurs de ce bilan est le problème de la mise à profit par l'apprenant des aspects sémantiques introduits dans le cours.

L'interface a certes été facilement acceptée par les étudiants. Mais alors qu'elle reprend en partie la conception introduite dans l'ontologie (voir **Fig. 1**) il semble que les étudiants n'aient pas vraiment exploité les apports du modèle. Cette réflexion est basée sur l'observation du peu de clics sur les onglets (voir **Fig. 4**).

Lors du cours nous avons constaté pourtant que les indices sémantiques rendus visibles (Définition, Exemples, etc.) permettent de structurer le discours, tout comme les liens hypertextes permettent de rationaliser la progression dans les concepts. Ainsi on ne se trouve pas en présence d'une juxtaposition de diapositives où le lien doit être fait oralement. Dans le cas présent les indices sémantiques semblent soutenir la logique de la progression (ex: "Nous allons maintenant voir un exemple" suivi d'un clic sur l'onglet exemple).

L'enseignant, bien que auteur des ressources pédagogiques de QBLS, a parfois été surpris par la fiche à laquelle il accédait en cliquant sur certains onglets. Cela met en évidence une possible inadéquation de certains termes visibles sur les onglets pour qualifier le contenu sémantique des ressources auxquelles on accède.

Pendant le questionnaire montre que les étudiants ont bien perçu le rôle des onglets et n'expriment pas de gêne vis-à-vis des titres de ces onglets. On constate néanmoins une faible utilisation. Ceci n'est donc a priori pas un problème lié à la sémantique des termes mais juste au fait que les étudiants vont « au plus court » et finalement exploitent parfaitement l'outil.

5 Conclusion

Dans cette expérience nous avons mis en pratique des techniques du web sémantique pour l'accès à un contenu pédagogique. L'expérience montre la faisabilité de cette approche en se basant sur l'extraction des ressources à partir d'un document original. Les techniques d'extraction, et de gestion des ressources à l'aide d'annotations sémantiques ont également permis de mettre en place une architecture légère et néanmoins capable de générer des interfaces dynamiques exprimant une certaine conceptualisation du domaine et impliquant une démarche pédagogique. L'ingénierie ontologique a permis de formaliser et facilement mettre en place cette démarche.

La maîtrise rapide du système par les étudiant démontre les possibilités et les avantages d'introduire les aspects sémantiques dans l'interface et dans la navigation. La tâche demandée aux étudiants a dans l'ensemble été correctement réalisée ce qui nous conforte dans cette idée.

La faible utilisation du système en dehors des tâches de réponses et le peu de curiosité des étudiants montre l'importance de la démarche pédagogique dans de tels systèmes, qui sont très spécifiques et ne sont pas des systèmes à tout faire.

Pour que QBLs permette une compréhension de l'ensemble du cours, il faut donc que les questions de TD abordent tous les aspects du cours. Cette remarque souligne bien le changement de paradigme éducatif qui s'opère lorsqu'on utilise un mode d'accès à l'information aussi direct comme le souligne (Giardina & Oubenaïssa, 2003). Il n'y a plus d'apprentissage global par lecture complète d'un document puis application des connaissances emmagasinées. L'apprenant entre dans une démarche de recherche d'information, trouve cette information et l'applique immédiatement

L'expérience a également mis en évidence le besoin de personnalisation invoqué par de nombreux travaux. Les parcours atypiques, et les différences de rythme entre les étudiants justifient maintenant d'envisager une adaptation à l'utilisateur.

Références

- ABEL M.-H., BARRY C., BENAYACHE A., CHAPUT B., LENNE D., MOULIN C. (2004). Using an Organizational Memory for e-learning, in Proceedings of *Workshop of Knowledge Management and Organizational Memories*, ECAI2004, Valencia, Spain, August, 22-27.
- AZOUAOU F., DESMOULINS C. & MILLE D. (2003), Formalismes pour une mémoire de formation à base d'annotations: articuler sémantique implicite et explicite, in Colloque *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain* (EIAH2003), Strasbourg, France, 15-17 avril 2003.
- BEAU D. (2005) La boîte à outils du formateur – 100 fiches pour animer vos formations, éditions d'Organisation, 1976 1996 2000 2002 2005.
- BERNERS-LEE T., HENDLER J., LASSILA O. (2001). The Semantic Web, *Scientific American*, May.
- BRUSILOVSKY P. (2003), Developing Adaptive Educational Hypermedia Systems: From Design Models to Authoring Tools. In T. Murray, S. Blessing and S. Ainsworth Eds. : *Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environment*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 377-409, 2003.
- BRUSILOVSKY P. & VASSILEVA J. (2003), Course sequencing techniques for large-scale web-based education, *International Journal of Continuing Engineering Education and Lifelong Learning*, 2003, vol 13, pp 75-94.
- CORBY O., DIENG R. ET FARON C. (2004), Querying the semantic web with the Corese search engine, Proceedings of the *European Conference on Artificial Intelligence* (ECAI'2004), subconference PAIS, pp 705-709.
- CRAMPES M. & RANWEZ S. (2000). Ontology-Supported and Ontology-Driven Conceptual Navigation on the World Wide Web, the 11th ACM Conference on Hypertext San Antonio, Texas.
- DAHN I., ARMBRUSTER M., FURBACH U. & SCHWABE G. (2001). Slicing Books – The Authors' Perspective, in R. Bromme, E. Stahl Eds. : *Writing Hypertext and Learning: Conceptual and Empirical Approaches*, Pergamon, 2001.
- DE BRA P., AERTS A., BERDEN B., LANGE B., ROUSSEAU B. (2003), AHA! The Adaptive Hypermedia Architecture, Proceedings of *ACM Hypertext Conference* (HT'2003).
- DEHORS S., FARON-ZUCKER C., GIBOIN A., STROMBONI J.P. (2005), Un web sémantique de formation par questionnement, In Actes de *l'Atelier Extraction et Gestion des Connaissances dans les EIAH*, EGC2005, Paris.

- DEMOULINS C., GRANBASTIEN M. (2000). Des ontologies pour indexer des documents techniques pour la formation professionnelle. IC'2000 - Actes de la conférence, *Journées francophones d'Ingénierie des Connaissances*, Toulouse, 10-12 mai.
- DIENG R., CORBY O., GANDON F., GIBOIN A., GOLEBIOWSKA J., MATTA N. ET RIBIERE, M. (2002). Méthodes et outils pour la gestion des connaissances : Une approche pluridisciplinaire du Knowledge Management, Paris : Dunod.
- Duval E., Forte E., Cardinaels K., Verhoeven B., Van Durm R., Hendriks K., Wentland-Forte M., Ebel N., Macowicz M., Warkentyne K. & Haenni F. (2001), The ARIADNE Knowledge Pool System, in *Communications of the ACM*, 44 (5), pp. 73-78.
- HEIWEY V., DUCATEAU C-F. (2003). Un modèle de ressources pédagogiques pour la FOAD, in *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH2003)*, Strasbourg, France, 15-17 avril 2003.
- GIADINA M., OUBENAÏSSA L. (2003). Projet d'apprentissage/enseignement en ligne, revue STICEF, Numéro spécial : Technologies et Formation à distance, Vol 10.
- MICHAU, F., PLOIX, S. (2003). Proposition de carte organisationnelle : décrire le rôle d'un environnement informatique au sein d'un dispositif pédagogique, in *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*, Strasbourg France, 15-17 avril 2003.
- Mizoguchi R., Ikeda M. and Sinita K. (1997). Roles of Shared Ontology in AI-ED Research -- Intelligence, Conceptualization, Standardization, and Reusability. Presented at *AIED-97*, Kobe, Japan.
- MURRAY, T. (2003), MetaLinks: Authoring and affordances for conceptual and narrative flow in adaptive hyperbooks, in *Journal of Artificial Intelligence and Education*, Vol. 13 (Special Issue on Adaptive and Intelligent Web-Based Systems).
- PAQUETTE G., BOURDEAU J., HENRI F., BASQUE J, LEONARD M, MAINA M. (2003). Construction d'une base de connaissances et d'une banque de ressources pour le domaine du téléapprentissage, revue STICEF, Numéro spécial : Technologies et Formation à distance, Vol 10.
- PSYCHE V., MENDES O., BOURDEAU J. (2003). Apport de l'ingénierie ontologique aux environnements de formation à distance, revue STICEF, Numéro spécial : Technologies et Formation à distance, Vol 10.
- Rigaux P. and Spyrtos N. (2003). Metadata Management and Learning Object Composition in a Self e-Learning Network, in *Proc. of Workshop on Information Search, Integration and Personalization*, Japan.
- STOJANOVIC L., STAAB S AND STUDER R. (2001). ELearning Based on the Semantic Web. *Proceedings WebNet2001 - World Conference on the WWW and Internet*, Orlando, Florida, USA, 2001.
- STROMBONI J.P. (2002), Un cours introductif au traitement du signal à travers les applications audio de l'ordinateur multimédia, in *Proceedings of Technologies de l'Information et de la Communication dans les Enseignements d'ingénieurs et dans l'industrie (TICE'2002)*.
- TRICOT, A., PLEGAT-SOUTJIS, F., CAMPS, J-F., AMIEL, A., LUTZ, G., MORCILLO, A. (2003). Utilité, utilisabilité, acceptabilité : interpréter les relations entre trois dimensions de l'évaluation des EIAH. in *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*, Strasbourg France, 15-17 avril 2003.
- ULLRICH C. (2004). Description of an instructional ontology and its application in web services for education. In *Proceedings of Workshop on Applications of Semantic Web Technologies for E-learning*, SW-EL'04, pages 17-23, Hiroshima, Japan.